

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
10.10.2001 Bulletin 2001/41

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **C23C 2/26, C23C 2/28,  
B21D 22/20**

(21) Numéro de dépôt: **01400861.9**

(22) Date de dépôt: **04.04.2001**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

• **Jartoux, Xavier**  
**13270 Fos Sur Mer (FR)**

(30) Priorité: **07.04.2000 FR 0004427**

(71) Demandeur: **USINOR**  
**92800 Puteaux (FR)**

(74) Mandataire: **Lagrange, Jacques Etienne**  
**USINOR**  
**Direction Propriété Industrielle**  
**Immeuble 'La Pacific'**  
**11/13 Cours Valmy**  
**La Défense 7**  
**TSA 10001**  
**92070 Paris La Défense Cédex (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Kefferstein, Ronald**  
**13730 Saint Victoret (FR)**

(54) **Procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécanique, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée et notamment laminée à chaud et revêtue**

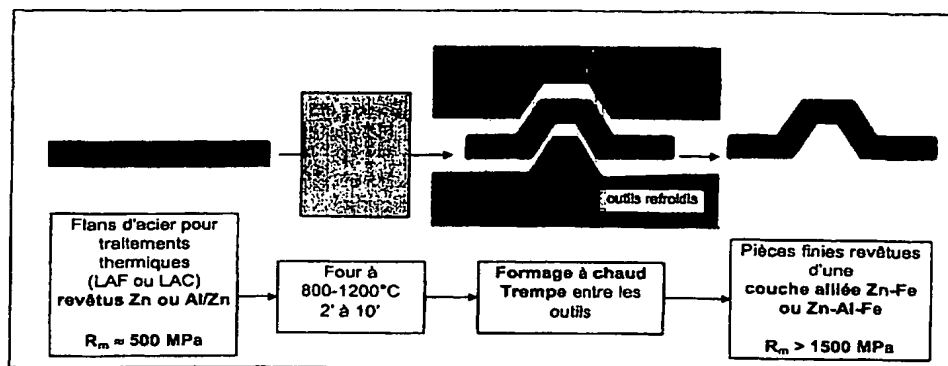
(57) Procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécaniques, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée, notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique assurant une protection de la surface et de l'acier, caractérisée en ce que :

- on découpe la tôle pour l'obtention d'un flan de tôle,
- on effectue un emboutissage, à partir du flan de tôle

pour obtenir la pièce,

- on réalise, avant ou après emboutissage, un composé allié intermétallique, en surface, assurant une protection contre la corrosion, contre la décarburation de l'acier, le composé intermétallique pouvant assurer une fonction de lubrification,
- on retire par découpage, les excédents de tôle nécessaires à l'opération d'emboutissage.

**Fig. 1**



## Description

[0001] L'invention concerne un procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécaniques, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée et notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique assurant une protection de la surface et de l'acier.

[0002] Les tôles en acier devant subir un formage à haute température et ou un traitement thermique ne sont pas livrées revêtues pour des considérations de tenue du revêtement lors du traitement thermique, le traitement thermique des aciers se faisant généralement à des températures relativement élevées bien supérieures à 700°C. En effet, un revêtement de zinc déposé sur une surface métallique a été considéré jusqu'à présent comme pouvant fondre, s'écouler, encrasser les outils de formage à chaud, lors de chauffage, à des températures supérieures à la température de fusion du zinc, et se dégrader lors d'un refroidissement rapide.

Le revêtement est donc effectué sur pièce finie ce qui nécessite un nettoyage soigné des surfaces et des parties creuses. Ce nettoyage requiert l'utilisation d'acides et ou de bases dont le recyclage et le stockage sont une charge financière importante et présentent des risques pour les opérateurs et pour l'environnement. De plus, le traitement thermique doit être effectué sous atmosphère contrôlée afin d'éviter toute décarburation et oxydation de l'acier. Ensuite, dans le cas du formage à chaud, la calamine, de par son pouvoir abrasif, endommage les outils de mise en forme, ce qui diminue la qualité des pièces obtenues du point de vue dimensionnel et esthétique ou oblige à de fréquentes et coûteuses réparations d'outils. Enfin, pour augmenter leur résistance à la corrosion, les pièces ainsi obtenues doivent recevoir un post traitement coûteux dont l'application est difficile, voire impossible, en particulier dans le cas de pièces comportant des creux. Les post-revêtements des aciers à très hautes caractéristiques mécaniques ont également comme inconvénient de créer des risques de fragilisation par l'hydrogène dans les techniques d'électro-zingage ou de modifier les propriétés mécaniques de ces aciers dans des techniques de galvanisation au trempé des pièces préalablement formées.

[0003] Le but de l'invention est de proposer aux utilisateurs, des tôles d'acier laminées de 0,2 mm à environ 4 mm d'épaisseur, revêtues notamment après laminage à chaud, et devant subir une mise en forme, soit à chaud, soit à froid suivie d'un traitement thermique, ainsi qu'un procédé de réalisation de pièce par formage à chaud, à partir de ces tôles d'acier revêtues, l'élévation de température étant assurée sans décarburation de l'acier de la tôle, sans oxydation de la surface de ladite tôle, avant, pendant et après la mise en forme à chaud et ou le traitement thermique.

[0004] L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécaniques, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée, notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique assurant une protection de la surface et de l'acier, caractérisée en ce que :

- on découpe la tôle pour l'obtention d'un flan de tôle,
- on effectue un emboutissage, à partir du flan de tôle pour obtenir la pièce,
- on réalise, avant ou après emboutissage, un composé allié intermétallique, en surface, assurant une protection contre la corrosion, contre la décarburation de l'acier, le composé intermétallique pouvant assurer une fonction de lubrification,
- on retire par découpage, les excédents de tôle nécessaires à l'opération d'emboutissage.

[0005] Dans une forme préférentielle de l'invention,

- on découpe la tôle pour l'obtention d'un flan de tôle,
- on soumet le flan de tôle revêtue à une élévation en température dans le but de former une pièce à chaud,
- on réalise, de ce fait un composé allié intermétallique, en surface, assurant une protection contre la corrosion, contre la décarburation de l'acier, le composé intermétallique pouvant assurer une fonction de lubrification,
- on effectue la mise en forme du flan de tôle, par emboutissage,
- on refroidit la pièce formée pour conférer des caractéristiques mécaniques de dureté élevées de l'acier et une dureté superficielle élevée du revêtement,
- on retire par découpage, les excédents de tôle nécessaires à l'opération d'emboutissage.

[0006] Les autres caractéristiques de l'invention sont :

- le métal ou l'alliage métallique du revêtement est du zinc ou un alliage à base de zinc d'une épaisseur comprise entre 5 µm et 30 µm.
- l'alliage intermétallique est un composé à base de zinc-fer ou à base de zinc-fer-aluminium.
- la tôle revêtue est soumise à une élévation de température supérieure à 700°C avant la mise en forme et ou le traitement thermique.
- la pièce obtenue notamment par emboutissage est refroidie pour subir une trempe, à une vitesse supérieure à la

vitesse critique de trempe.

**[0007]** L'invention concerne aussi l'utilisation d'une bande de tôle d'acier laminée et notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique assurant une protection de la surface et de l'acier de la tôle dans la mise en forme par emboutissage notamment à chaud de pièces, les pièces ayant de hautes caractéristiques mécaniques en dureté et de hautes caractéristiques de dureté en surface ainsi qu'une très bonne tenue à l'abrasion.

**[0008]** La description qui suit et les figures annexées feront bien comprendre l'invention.

**[0009]** La figure 1 est un schéma de principe d'une forme de l'invention.

**[0010]** La figure 2 est un schéma de principe d'une autre forme de l'invention.

**[0011]** Les figures 3a et 3b sont des photographies, en coupe, d'une partie de pièce, présentant un revêtement zinc réalisé selon l'invention, avant et après traitement thermique.

**[0012]** Les figures 4a et 4b sont des photographies, en coupe, d'une partie de pièce, présentant un revêtement zinc aluminium réalisé selon l'invention, avant et après traitement thermique.

**[0013]** Le procédé selon l'invention comme présenté sur le schéma de la figure 1, consiste, à partir d'une tôle d'un acier pour traitement thermique et ou formage à chaud notamment laminé à chaud et revêtu de zinc ou d'un alliage à base de zinc, en la réalisation de pièce mise en forme à chaud au moyen d'outil comme une presse d'emboutissage.

**[0014]** Le revêtement de zinc ou d'alliage de zinc est choisi de manière à générer une protection contre la corrosion de la tôle de base, en bobine.

**[0015]** Contrairement aux idées reçues, lors d'un traitement thermique ou d'une élévation de température pour la mise en forme à chaud, le revêtement forme une couche qui s'allie avec l'acier de la bande et présente à ce moment une tenue mécanique évitant la fusion de métal de revêtement. Le composé formé présente une grande résistance à la corrosion, à l'abrasion, à l'usure et à la fatigue. Le revêtement ne modifie pas les propriétés de formabilité de l'acier et autorise ainsi une grande variété de mise en forme à froid et à chaud.

**[0016]** De plus l'utilisation du zinc ou d'un alliage de zinc génère une protection galvanique des tranches lorsque le flan de tôle ou la pièce présente des découpes.

**[0017]** Après laminage à chaud, la bande peut être découpée et laminée à froid avant d'être revêtue. Dans le cas où la tôle est laminée à froid, celle-ci peut être recuite avant d'être revêtue.

**[0018]** On peut revêtir la tôle laminée, par exemple, avec du zinc, ou des alliages zinc aluminium.

**[0019]** Comme représenté sur le schéma de la figure 2, la tôle peut être emboutie à froid pour l'obtention de la pièce. La pièce obtenue est ensuite soumise à un traitement thermique pour lui conférer des caractéristiques mécaniques élevées. Par exemple, un acier de base ayant une résistance à la rupture  $R_m$  d'environ 500 MPa permettra d'obtention de pièces traitées thermiquement ayant un acier avec une résistance  $R_m$  supérieure à 1500 MPa.

**[0020]** Pour la mise en forme ou pour le traitement thermique de la pièce, la tôle est soumise à une élévation de température comprise de préférence entre 700°C et 1200°C dans un four comportant une atmosphère ne nécessitant plus de contrôle, du fait de la barrière à l'oxydation formée par le revêtement. Lors de l'élévation de la température, le revêtement à base de zinc se transforme en une couche alliée en surface comportant différentes phases dépendant du traitement en température et présentant une grande dureté pouvant dépasser 600 HV 100g.

**[0021]** Dans le procédé de l'invention, on peut utiliser des tôles dont l'épaisseur est comprise entre 0,2 mm et 4 mm, ayant de bonnes propriétés de mise en forme ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion.

**[0022]** Les tôles livrées revêtues, présentent une résistance importante à la corrosion pendant les élévations de température, la mise en forme, les traitements thermiques, et lors de l'utilisation des pièces formées finies.

**[0023]** La présence du revêtement lors de traitements thermiques ou de formages à chaud permet d'éviter en plus de la corrosion, la décarburation de l'acier de base. Cela a un avantage indéniable dans le cas d'une mise en forme à chaud par exemple dans une presse d'emboutissage. En effet, l'alliage intermétallique formé évite, la formation de la calamine, l'usure des outils par la calamine, et permet de ce fait, un allongement de la vie moyenne desdits outils. Il a été remarqué que l'alliage intermétallique formé à chaud, a une fonction de lubrifiant à haute température. De plus, l'effet de protection contre la décarburation de l'alliage intermétallique permet l'usage de four haute température dépassant 900°C ayant une atmosphère non contrôlée, et cela, même pour des temps de chauffe de plusieurs minutes.

**[0024]** En sortie de four, il n'est plus nécessaire de décaper la pièce obtenue, d'où une économie du fait de la suppression du bain de décapage des pièces finies.

**[0025]** De par les caractéristiques du revêtement après élévation de température, les pièces obtenues ont une résistance accrue à la fatigue, à l'usure, à l'abrasion et à la corrosion, y compris sur tranche du fait du comportement galvanique du zinc avec l'acier. De plus, le revêtement est soudable avant et après élévation de température.

**[0026]** L'acier de la tôle assure, par effet de trempe au refroidissement, des caractéristiques mécaniques élevées de la pièce obtenue après mise en forme, le revêtement transformé en un alliage intermétallique à chaud assurant pour sa part, du fait de ses qualités de lubrifiant et de résistance aux frottements, une amélioration de la mise en forme, notamment, dans le domaine de l'emboutissage à chaud.

## EP 1 143 029 A1

Exemple 1 : revêtement de zinc sur acier.

**[0027]** Dans un exemple de réalisation, on utilise une bande de tôle laminée à chaud en acier de composition pondérale suivante :

carbone : 0,15% à 0,25%,  
manganèse : 0,8% à 1,5%,  
silicium : 0,1% à 0,35%,  
chrome : 0,01% à 0,2%,  
titane : moins de 0,1%,  
aluminium : moins de 0,1%,  
phosphore : moins de 0,05%,  
soufre : moins de 0,03%,  
bore : 0,0005% à 0,01%.

**[0028]** On réalise une pièce à partir de la tôle d'acier laminé à froid de 1mm d'épaisseur et galvanisée en continu double face, avec une épaisseur de revêtement de 10 µm environ. On austénitise la tôle à 950°C avant formage et trempe dans l'outil, le revêtement assurant un rôle de lubrifiant lors de la mise en forme, en plus de ses fonctions de protection contre la corrosion à froid, à chaud et contre la décarburation. Lors de la trempe, le revêtement allié ne gêne pas l'extraction de la chaleur par l'outil et peut la favoriser. Après formage et trempe, il n'est plus nécessaire de décaper la pièce ou de la protéger, le revêtement de base assurant la protection tout au long du procédé.

**[0029]** Après mise en forme et de ce fait, traitement thermique, la pièce réalisée est d'un aspect gris mat sans coulure ni bulle, sans écaillage ou fissures, et ne présentant pas de calamine sur la tranche, en coupe. Des observations au microscope électronique à balayage montrent en surface et en coupe, que le revêtement garde une structure et une texture homogènes et que l'alliation Fe-Zn se manifeste en moins de 5 minutes à 950°C.

**[0030]** Le revêtement comprend comme représenté de manière comparative sur les figures 3a et 3b représentant respectivement, en coupe, le revêtement avant et après traitement thermique, une interface de diffusion du Zn, d'une épaisseur comprise entre 5 et 10 µm, est une couche formée par des nodules d'alliage Zn-Fe dans une matrice de zinc, couche d'une épaisseur comprise entre 10 et 15 µm.

**[0031]** Des essais de corrosion en humidité et température suivant la norme DIN 50 017 montrent que le revêtement selon l'invention assure une excellente protection contre la corrosion après 30 cycles, les surfaces des pièces gardant leur aspect gris.

**[0032]** Le tableau 1 suivant présente la perte de masse par corrosion après 500 et 1000 heures de brouillard salin, pour un acier de référence non revêtu, pour un acier de référence galvanisé sans traitement thermique, et un acier selon deux formes de l'invention.

Tableau 1 .

	Pertes de masse en g/m <sup>2</sup> Après 500 heures	Pertes de masse en g/m <sup>2</sup> Après 1000 heures
Acier de référence	450 g/m <sup>2</sup>	1230 g/m <sup>2</sup>
Acier galvanisé de référence	80 g/m <sup>2</sup>	140 g/m <sup>2</sup>
Acier revêtu Zn après traitement thermique	32 g/m <sup>2</sup>	82 g/m <sup>2</sup>
Acier revêtu Zn-Al après traitement thermique	22 g/m <sup>2</sup>	50 g/m <sup>2</sup>

**[0033]** Comme on peut le remarquer, le revêtement après traitement thermique résiste bien au brouillard salin. De plus cette surface, composée de zinc et de fer peut se phosphater dans des bains classiques de traitement de surface du type phosphatation trication. Les essais de corrosion réalisés après phosphatation et peinture cataphorèse montrent d'excellents résultats. La couche allié zinc fer assure de plus une protection galvanique des tranches du type protection cathodique.

Exemple 2 : revêtement de zinc aluminium sur acier.

**[0034]** Un revêtement de 10 µm est appliqué sur une tôle de 1mm environ. Ce revêtement est composé de 50 à

## EP 1 143 029 A1

55% d'aluminium et de 45 à 50% de zinc avec éventuellement une petite quantité de silicium.

[0035] L'aspect de ce revêtement en coupe, après formage à chaud est présenté sur les figures 4a et 4b.

[0036] Lors du formage à chaud, le zinc, l'aluminium, et le fer s'allient pour former un revêtement de zinc-aluminium-fer homogène et adhérent. Les tests de corrosion montrent que cette couche alliée assure une très bonne protection contre la corrosion.

### Revendications

1. Procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécaniques, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée, notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique assurant une protection de la surface et de l'acier, **caractérisée en ce que :**

- on découpe la tôle pour l'obtention d'un flan de tôle,
- on effectue un emboutissage, à partir du flan de tôle pour obtenir la pièce,
- on réalise, avant ou après emboutissage, un composé allié intermétallique, en surface, assurant une protection contre la corrosion, contre la décarburation de l'acier, le composé intermétallique pouvant assurer une fonction de lubrification,
- on retire par découpage, les excédents de tôle nécessaires à l'opération d'emboutissage.

2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que :**

- on découpe la tôle pour l'obtention d'un flan de tôle,
- on soumet le flan de tôle revêtue à une élévation en température dans le but de former une pièce à chaud,
- on réalise, de ce fait un composé allié intermétallique, en surface, assurant une protection contre la corrosion, contre la décarburation de l'acier, le composé intermétallique pouvant assurer une fonction de lubrification,
- on effectue la mise en forme du flan de tôle, par emboutissage,
- on refroidit la pièce formée pour conférer des caractéristiques mécaniques de dureté élevées de l'acier et une dureté superficielle élevée du revêtement,
- on retire par découpage, les excédents de tôle nécessaires à l'opération d'emboutissage.

3. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le métal ou l'alliage métallique du revêtement est du zinc ou un alliage à base de zinc d'une épaisseur comprise entre 5µm et 30 µm.

4. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** l'alliage intermétallique est un composé à base de zinc-fer ou de zinc-fer-aluminium.

5. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la tôle revêtue est soumise à une élévation de température supérieure à 700°C avant la mise en forme et ou le traitement thermique.

6. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la pièce obtenue notamment par emboutissage est refroidie pour subir une trempe, à une vitesse supérieure à la vitesse critique de trempe.

7. Utilisation d'une bande de tôle d'acier laminée et notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique assurant une protection de la surface et de l'acier de la tôle dans la mise en forme par emboutissage notamment à chaud de pièces, les pièces ayant de hautes caractéristiques mécaniques en dureté et de hautes caractéristiques de dureté en surface ainsi qu'une très bonne tenue à l'abrasion.

Fig. 1

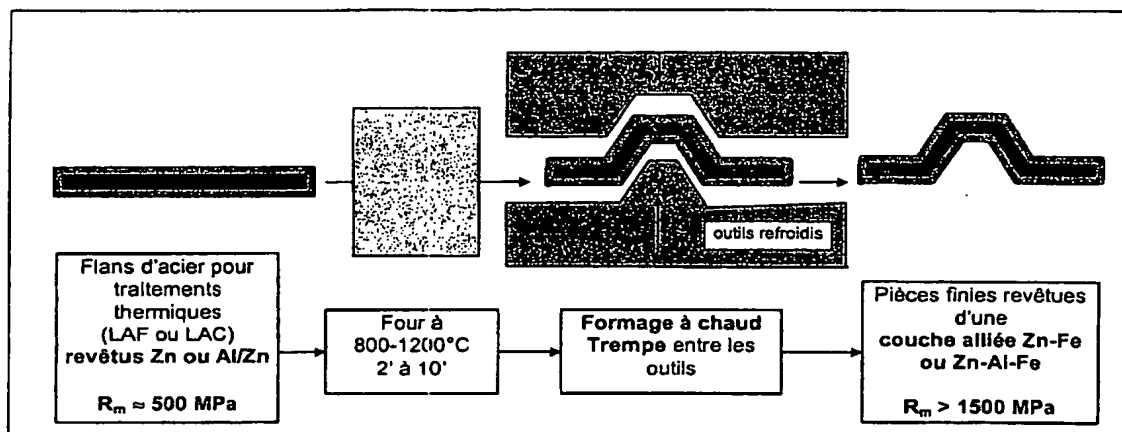


Fig. 2

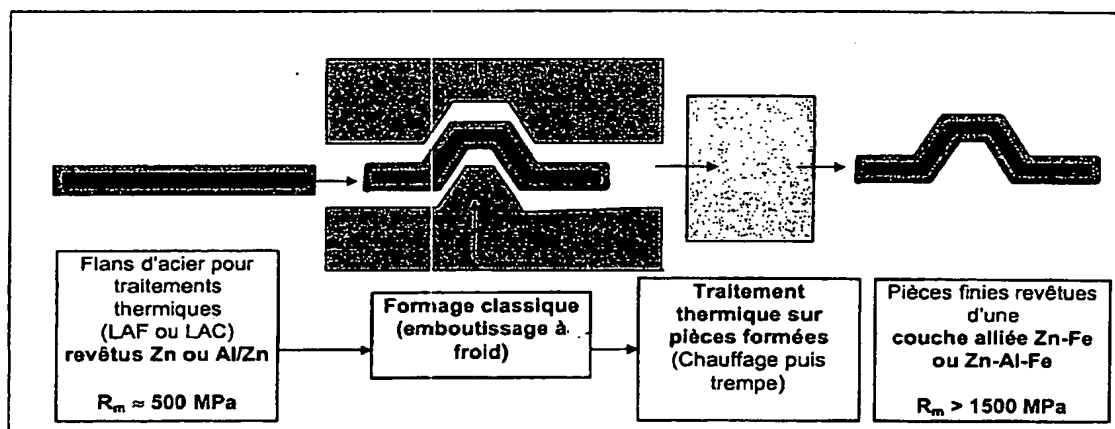


Fig. 3a .

Fig. 3b.

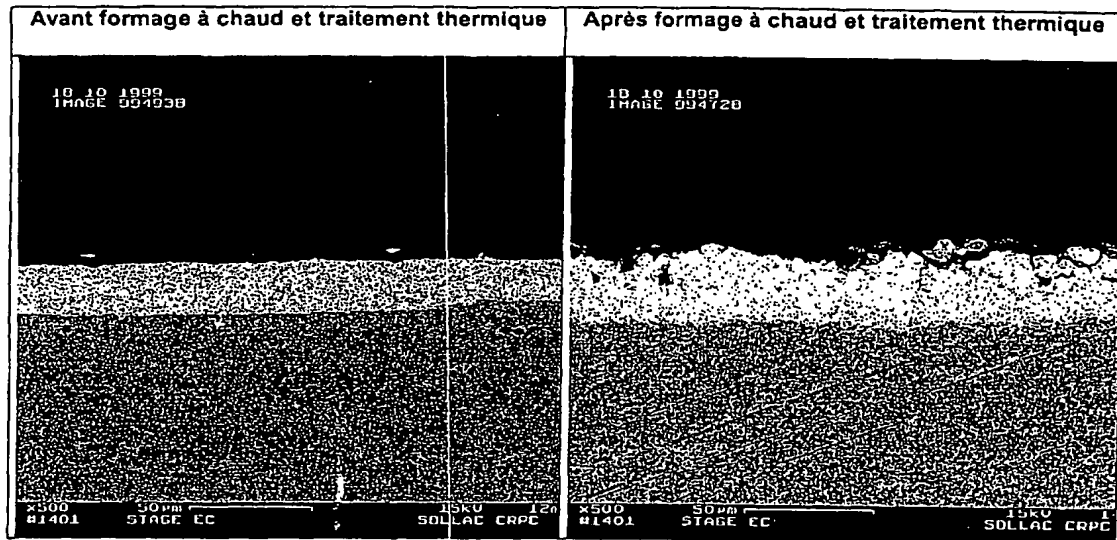
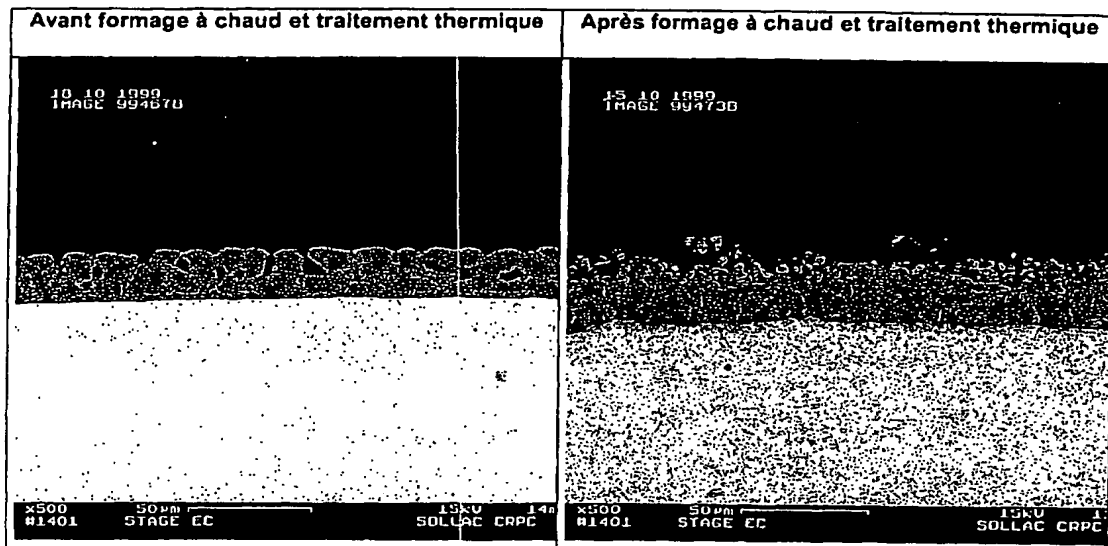


Fig. 4a.

Fig. 4b.





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 01 40 0861

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
Y	FR 537 122 A (ALBERT KNEPPER) 16 mai 1922 (1922-05-16) * page 1 *	1, 2, 7	C23C2/26 C23C2/28 B21D22/20
Y	FR 857 779 A (COSTE ET JEAN BATAILLE) 28 septembre 1940 (1940-09-28) * page 1, colonne 2, ligne 48 - ligne 49; revendications 1, 2 *	1, 2, 7	
A	FR 1 107 112 A (KAISER ALUMINUM & CHEMICAL CORPORATION) 28 décembre 1955 (1955-12-28) * page 6, colonne 1, ligne 26 - colonne 2, ligne 3 * * page 7, colonne 2, ligne 7 - ligne 21; revendications I, 9-12, II *	1, 2, 7	
A	EP 0 438 607 A (INLAND STEEL COMPANY) 31 juillet 1991 (1991-07-31) * revendications 1, 4, 7 *	1, 7	
A	US 3 248 251 A (CHARLOTTE ALLEN) 26 avril 1966 (1966-04-26) * colonne 4, ligne 22 - ligne 28 * * colonne 5, ligne 18 - ligne 41 * * colonne 6, ligne 3 - ligne 22 * * colonne 8, ligne 19 - ligne 39 *	1, 7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) C23C B21D
A	FR 2 534 161 A (FABRIQUE DE FER DE MAUBEUGE) 13 avril 1984 (1984-04-13) * revendications 1-6; figures 1, 2 *	1, 7	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 259 (C-441), 21 août 1987 (1987-08-21) & JP 62 060854 A (KOWA KOGYOSHO:KK), 17 mars 1987 (1987-03-17) * abrégé *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29 juin 2001	Examineur Elsen, D
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : artère-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03 92 (P0402)



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 0861

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

29-06-2001

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 537122	A	16-05-1922	AUCUN	
FR 857779	A	28-09-1940	AUCUN	
FR 1107112	A	28-12-1955	AUCUN	
EP 438607	A	31-07-1991	US 4999241 A CA 1325931 A	12-03-1991 11-01-1994
US 3248251	A	26-04-1966	AUCUN	
FR 2534161	A	13-04-1984	AUCUN	
JP 62060854	A	17-03-1987	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82